

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-31599

(P2000-31599A)

(43)公開日 平成12年1月28日(2000.1.28)

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	FI	テ-7コード(参考)
H01S 5/30		H01S 3/18	5F041
H01L 33/00		H01L 33/00	C 5F073

審査請求 未請求 請求項の数8

OL

(全7頁)

(21)出願番号 特願平10-199045

(22)出願日 平成10年7月14日(1998.7.14)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 東條 剛

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74)代理人 100080883

弁理士 松隈 秀盛

Fターム(参考) 5F041 AA11 AA43 AA44 CA34 CA40

CA65 CA66 CB05

5F073 AA11 AA45 AA74 BA06 CA02

CA07 CA17 CB05 CB11 DA05

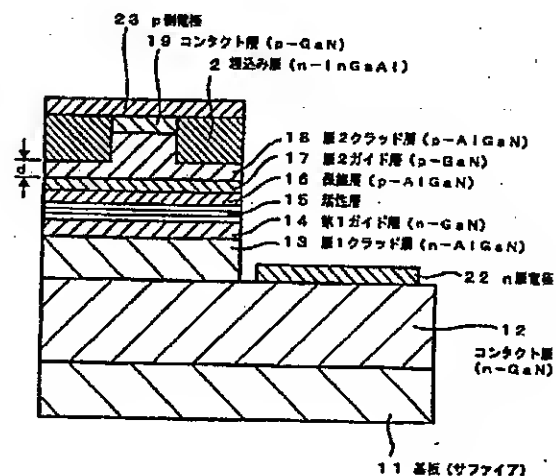
DA06 DA22 EA07 EA16 EA28

(54)【発明の名称】窒化物系III-V族化合物半導体レーザ

(57)【要約】

【課題】 リッジ幅を狭めることなく、高次モードの発生を回避し、基本モードの発振がなされる屈折率ガイド型GaN系すなわち窒化物系III-V族化合物半導体レーザを得ることができるようにする。

【解決手段】 リッジ型構成とし、そのリッジ1の幅方向の両側に、発振光を吸収するGaN系の埋込み層2を形成する。この埋込み層の吸収係数 $\alpha$ は、活性層近傍の、リッジ部とその両側で形成される屈折率差 $\Delta n$ が、屈折率ガイド効果が得られる値の、 $\Delta n \geq 10^{-3}$ を得ることのできる $\alpha \geq 10^4 \text{ cm}^{-1}$ に、この埋込み層の材料、もしくは結晶状態等を選定するものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 リッジ型窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザであって、

リッジの幅方向の両側に、発振レーザ光を吸収するGaN系の埋込み層が形成されて成ることを特徴とする窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザ。

【請求項2】 上記埋込み層が、

発振レーザ光に対する吸収係数が $10^4 \text{ cm}^{-1}$ 以上のGaN系埋込み層によって形成されて成ることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザ。

【請求項3】 上記埋込み層が、

発振レーザ光のエネルギーに相当するエネルギーバンドギャップより小なるエネルギーバンドギャップを有し、バンド端吸収によって、発振レーザ光を吸収する埋込み層によって形成されて成ることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザ。

【請求項4】 上記埋込み層が、

発振レーザ光のエネルギーに相当するエネルギーバンドギャップより小なるエネルギーバンドギャップを有し、バンド端吸収によって、発振レーザ光を吸収する $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_{1-y}\text{N})$ で、 $0 \leq x \leq 1$ の材料によって構成されたことを特徴とする請求項1に記載の窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザ。

【請求項5】 上記埋込み層が、

発振レーザ光のエネルギーに相当するエネルギーバンドギャップより大なるエネルギーバンドギャップを有し、発振レーザ光に対する吸収係数が $10^4 \text{ cm}^{-1}$ 以上 $10^6 \text{ cm}^{-1}$ 以下のGaN系埋込み層によって形成されて成ることを特徴とする請求項1に記載の窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザ。

【請求項6】 上記埋込み層が、

結晶性が低くなされて発振レーザ光に対する吸収係数が $10^4 \text{ cm}^{-1}$ 以上とされたGaN系埋込み層によって形成されて成ることを特徴とする請求項5に記載の窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザ。

【請求項7】 上記埋込み層が、

高不純物濃度とされて発振レーザ光に対する吸収係数が $10^4 \text{ cm}^{-1}$ 以上とされたGaN系埋込み層によって形成されて成ることを特徴とする請求項5に記載の窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザ。

【請求項8】 上記埋込み層が、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_y\text{N})$ で、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ の材料によって構成されたことを特徴とする請求項5に記載の窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザ、いわゆるGaN系半導体レーザ、特に屈折率ガイド型GaN系半導体レーザに係わ

る。

## 【0002】

【従来の技術】 GaN系半導体は、そのエネルギーバンドギャップが広範囲に選定できることから、短波長発振の半導体レーザを得ることができる。そこで、昨今、この種のGaN系半導体レーザは、例えば光データ記録用光源等の短波長レーザとして、注目されている。一方、半導体レーザにおいて、屈折率ガイド型半導体レーザは、その発振光において、高出力まで安定した横モードが得易いという利点を有する。

【0003】 従来の屈折率ガイド型GaN系半導体レーザは、その共振器長方向に沿って形成されるリッジの幅方向の両側に、 $\text{SiO}_2$ 等の絶縁層による埋込み層が形成され、これによってリッジ部分との屈折率差 $\Delta n$ が作り付けられるようになされた構成が採られている (Applied Physics Letters vol.72 pp2014 参照)。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述した屈折率ガイド型GaN系半導体レーザは、その埋込み層を構成する $\text{SiO}_2$ 等の絶縁層が、熱伝導性が低いために、熱放散効果が低く、レーザ素子内の温度が上昇し易いことから、温度特性が悪く、信頼性、寿命に問題がある。

【0005】 また、この埋込み層の $\text{SiO}_2$ は、GaN系レーザの発振レーザ光に対して、透明であることから、横モードにおいて、1次モード以上の高次のモード利得が余り小さくなく、高次モードのカットオフ条件を満たさないリッジ幅では、高出力駆動時に、容易に高次モードが立つ。こうした高次モードの発生を抑制するためには、リッジ幅をカットオフ条件よりも狭くする必要があるが、リッジ幅が狭くなると、これに対する電極のコンタクト面積が小さくなることからコンタクト抵抗、すなわちレーザダイオードの直列抵抗が大きくなり、レーザ特性の低下、すなわち駆動電圧の増大、これによる寿命の低下等の問題が生じる。

【0006】 このような問題を回避するには、リッジ幅を大きく選定することになるが、この場合は、上述したように高次のモードが立つ。すなわち、図11にそのI (電流) - L (光出力) 特性を示すように、この光出力特性にキンクが発生する。そして、この高次モードが、動作範囲で発生する場合、不安定となり、また、高次のモードによって、例えば光記録、再生におけるノイズの発生となる。

【0007】 本発明においては、リッジ幅を決めることなく、高次モードの発生を回避し、基本モードの発振がなされる屈折率ガイド型GaN系すなわち窒化物系ⅢⅢ-V族化合物半導体レーザを得ることができるようにする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明による窒化物系Ⅲ

10

20

30

40

50

II-V族化合物半導体レーザは、リッジ型構成とし、そのリッジの幅方向の両側に、発振レーザ光を吸収するGa<sub>0.5</sub>N系の埋込み層を形成して成る。この埋込み層の吸収係数 $\alpha$ は、活性層近傍の、リッジ部とその両側で形成される屈折率差 $\Delta n$ が、屈折率ガイド効果が得られる値の、 $\Delta n \geq 10^{-3}$ を得ることのできる $\alpha \geq 10^4 \text{ cm}^{-1}$ に、この埋込み層の材料、結晶状態、不純物濃度等を選定するものである。

【0009】このように、本発明においては、リッジの両側に配置する発振光を吸収するGa<sub>0.5</sub>N系の埋込み層を配置することによって、1次モード以上の高次のモードをカットオフする条件を満たすことのできるリッジ幅を大とする。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明は、リッジ型構成半導体レーザを構成するものであり、このリッジの幅方向の両側に、発振レーザ光を吸収するGa<sub>0.5</sub>N系の埋込み層を形成した屈折率ガイド型半導体レーザとする。そして、本発明においては、この埋込み層を、活性層近傍における、リッジとその両側で形成される屈折率差 $\Delta n$ が、屈折率ガイド動作が得られる値、 $\Delta n \geq 10^{-3}$ を得ることのできる発振レーザ光に対する光吸収係数 $\alpha$ が、 $\alpha \geq 10^4 \text{ cm}^{-1}$ を示す材料、もしくは結晶状態、不純物濃度等に選定するものである。

【0011】このGa<sub>0.5</sub>N系埋込み層は、発振レーザ光をバンド端で吸収するエネルギーバンドギャップを有する、すなわち発振レーザ光のエネルギーに相当する活性層のエネルギーバンドギャップより小さいバンドギャップを有するGa<sub>0.5</sub>N系の材料層、例えば $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_y\text{N})_z$ で、 $0 \leq x \leq 1$ のInGa<sub>0.5</sub>N、AlGa<sub>0.5</sub>InNによって構成する。

【0012】あるいは、Ga<sub>0.5</sub>N系埋込み層として、バンド端吸収によらないものの、光吸収効果を有する、例えば結晶性を低下させたGa<sub>0.5</sub>N系材料層によって構成する。このGa<sub>0.5</sub>N系材料としては、例えば $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_y\text{N})_z$ で、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x+y \leq 1$ の、例えばGa<sub>0.5</sub>N、AlGa<sub>0.5</sub>N等によって構成する。

【0013】次に、本発明による半導体レーザを例示するが、本発明は、この例に限られるものではない。図1は、本発明による半導体レーザの一例の概略断面図を示す。この例においては、リッジ1の両側に配置する埋込み層2が、バンド端吸収による発振レーザ光を吸収するInGa<sub>0.5</sub>Nによって構成した場合である。この半導体レーザを、図2～図6の主要工程における概略断面図を参照して、その製造方法の一例と共に説明する。

【0014】図2に示すように、基板11としての例えばC面サファイア基板上に、第1の導電型、この例ではn型のGa<sub>0.5</sub>N層によるバッファ層となり、かつ後述するn側電極がコンタクトされるコンタクト層12をエピタ

キシャル成長する。続いて、この上に、同様のn型の第1クラッド層13としての例えばAlGa<sub>0.5</sub>N層、同様にn型の第1ガイド層14としての例えばGa<sub>0.5</sub>N層、更に、例えばGa<sub>0.5-x</sub>In<sub>x</sub>NとGa<sub>0.5-y</sub>In<sub>y</sub>N ( $x \neq y$ ) による多重量子井戸構造の活性層15、この活性層15を保護する第2導電型、この例ではp型の保護層16としてのAlGa<sub>0.5</sub>N層、第2ガイド層17として同様のp型の例えばGa<sub>0.5</sub>N層、第2クラッド層18としての同様にp型の例えばAlGa<sub>0.5</sub>N層、更に、コンタクト層19としてのp型のGa<sub>0.5</sub>N層を順次MOCVD (Metalorganic Chemical Vapor Deposition: 有機金属気相成長) 法によってエピタキシャル成長する。

【0015】次に、図3に示すように、コンタクト層19上の、リッジ形成部に、図においては、紙面と直交する方向に延びるストライプ状のマスク層20を形成する。このマスク層20は、例えば全面的に蒸着、CVD (Chemical Vapor Deposition: 化学的気相成長) 法によってSiO<sub>2</sub>を形成し、フォトリソグラフィによって例えば弗酸系のエッチング液によってパターンエッチングして、所要の幅を有するストライプ状に形成する。

【0016】図4に示すように、マスク層20をエッチングマスクとしてRIE (Reactive Ion Etching: 反応性イオンエッチング) によって、マスク層20によって覆われず外部に露呈したコンタクト層19を横切り、第2のクラッド層18に入り込む深さにエッチングを行って、マスク層20下にリッジ1を形成する。すなわちリッジ1の両側に溝21を形成する。

【0017】図5に示すように、溝21内に埋込み層2をMGCVDあるいはMBE (Molecular Beam Epitaxy: 分子線エピタキシー) 法等によって形成し、マスク層20を除去する。

【0018】コンタクト層19および埋込み層2上に、開口がリッジ1の例えば1側に形成された埋込み層2上形成されたエッチングマスク層(図示せず)を形成し、例えばRIEによって図6に示すように、コンタクト層12を外部に露呈させる位置までエッチングする。

【0019】そして、図1に示すように、コンタクト層12上に金属電極による一方の電極、この例ではn側電極22をオーミックに被着し、リッジ1のコンタクト層19上から埋込み層2上に差し渡って金属電極による他方の電極、この例ではp側の電極23をオーミックに被着する。このようにして、本発明による半導体レーザを得る。この半導体レーザはいうまでもなく、通常のように、共通の基板11上に多数個のレーザ素子を同時に形成し、チップ化することによって量産的に製造することができる。

【0020】この図1の構成によって発振波長410nmのGa<sub>0.5</sub>N系レーザを構成した。そして、この場合、埋込み層2は、活性層15のバンドギャップ、すなわち発振波長のエネルギーに相当するバンドギャップより小さ

10

20

30

40

50

いバンドギャップを有し、発振レーザ光を吸収する埋込み層とした。

【0021】図7は、埋込み層2を $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ とした場合の、この埋込み層2下における第2クラッド層18の厚さ $d$ と、屈折率差 $\Delta n$ との関係を示したもので、厚さ $d=1500\text{\AA}$ で $\Delta n=3\times 10^{-3}$ となり、 $d=1000\text{\AA}$ で $\Delta n=5\times 10^{-3}$ が得られる。これによれば、屈折率ガイド型構成の $\text{GaN}$ 系レーザが構成されることが分かる。すなわち、屈折率ガイドは、通常 $\Delta n\geq 1\times 10^{-3}$ 、更に確実には $\Delta n\geq 3\times 10^{-3}$ とすることによって得られることから、上述の構成において、 $d\leq 1500\text{\AA}$ で屈折率ガイド型のレーザが得られることが分かる。

【0022】そして、また、この $\text{GaN}$ 系レーザにおいて、その第2クラッド層18の埋込み層2下の厚さ $d$ を $1000\text{\AA}$ としたときの、リッジ1の幅 $W$ と、このレーザの光出射端からの出射光の面方向の広がり角 $\theta_H$ との関係を図8に示す。この広がり角 $\theta_H$ は、例えばDVD（デジタル・ビデオ・ディスク）において、スポット形状を円形に近づける上で、 $\theta_H\geq 8^\circ$ が必要とされていることから、図8から、 $\theta_H=8^\circ$ とするリッジ幅は $2.3\mu\text{m}$ となる。

【0023】上述した $\text{GaN}$ 系レーザにおいては、その埋込み層2を、発振レーザ光のエネルギーに相当する活性層のエネルギーバンドギャップに比し、小さいエネルギーバンドギャップの材料層によって構成した場合であるが、図1の構造と同様の構造によるものの、その埋込み層2の構成材料を、発振レーザ光のエネルギーに相当する活性層のエネルギーバンドギャップに比し、大きいエネルギーバンドギャップの材料、すなわちバンド端吸収がなされない材料の例えば $\text{GaN}$ によって構成することもできる。この場合においては、その埋込み層2を形成する工程において、その形成条件を選定して、結晶性の低い層として成膜することによって、あるいは例えばこの埋込み層2にドーピングする不純物濃度、例えば $\text{Mg}$ のドーピング濃度を高めるとか、III族およびV族の各原料供給比の選定によってその吸収係数を $1\times 10^4\text{ cm}^{-1}$ 以上とする。

【0024】図9は、この構成による $\text{GaN}$ 系レーザにおける、埋込み層2の $\text{GaN}$ を、その成膜における上述した温度、III族およびV族の各原料供給比、不純物ドーピング量等の選定によって、発振レーザ光（波長 $410\text{ nm}$ ）に対する吸収係数 $\alpha$ を変化させた場合の、各値と屈折率差 $\Delta n$ との関係を示したもので、これによって明らかのように、 $\Delta n\geq 10^{-3}$ を得るには、その吸収係数 $\alpha$ が $1\times 10^4\text{ cm}^{-1}$ であれば良いことが分かる。また、実際にはこの吸収係数は、 $5\times 10^5\text{ cm}^{-1}$ 以下なかんづく $1\times 10^5\text{ cm}^{-1}$ 以下で良い。

【0025】、上述したコンタクト層19は、好ましくはその厚さを $0.3\mu\text{m}$ 程度とする。そして、このコン

タクト層19は、上述した例におけるように、リッジ1上にのみ形成する場合に限られるものではなく、図10にその概略断面図を示すように、同様のコンタクト層25をリッジ1上から埋込み層2上に差し渡って形成し、この上にp側電極23をコンタクトするようにして、コンタクト抵抗の、より低減化をはかることができる。図10において、図1と対応する部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0026】上述したように、本発明によれば、屈折率ガイド型レーザを構成することから、高出力においても横モードの安定化を図ることができる。そして、本発明構成においては、埋込み層2が、発振レーザ光に対して吸収性を有する埋込み層としたことによって、透過性の埋込み層による場合に比し、横モードにおける、高次モードのカットオフ条件を緩和でき、リッジ幅を大きくすることができることから、レーザダイオードの直列抵抗の低減化をはかることができる。すなわち、リッジを構成する例えば $\text{AlGaIn}$ は、その抵抗率が比較的高いことから、このリッジ幅を広くできることは、動作電圧の低減化、発熱の改善、長寿命化を図ることができる。

【0027】また、埋込み層2を、 $\text{GaN}$ 系材料、すなわちレーザ本体すなわちレーザ駆動部と構成材料とを同系材料によって構成することから、両者の熱膨張係数に大きな差が生じることがない。したがって、周囲温度や、動作時の発熱による熱歪みを効果的に回避でき、動作の安定化、長寿命化を図ることができる。

【0028】そして、図10におけるように、コンタクト層25と、これにオーミックにコンタクトする電極23を、リッジ1上より埋込み層2上に渡る位置まで延在させる構成とすることができ、この場合には、電極23からの注入電流を効果的にリッジ1に導入することができるものである。

【0029】尚、上述した例は、第1および第2のガイド層が設けられたSCH (Separate Confinement Heterostructure) 構造とした場合であるが、これらガイド層が設けられないいわゆるDH (Double Hetero) 構造の半導体レーザとすることもできるなど、上述した例に限られず、本発明は、種々の構造によるリッジ型の屈折率ガイド型の窒化物系III-V族化合物半導体レーザを構成することができるものであり、また上述の第1導電型をp型とし、第2の導電型をn型とすることができる。しかしながら、図6で示したコンタクト層12の一部を露出する場合、その表面の欠陥によってn型となり易いことを考慮するときは、第1導電型をn型とし、第2導電型をp型とすることができる。

【0030】

【発明の効果】 上述したように、本発明による窒化物系III-V族化合物半導体レーザは、屈折率ガイド型構成とするものであるが、リッジの両側に配置される埋込み層を、発振レーザ光に対して吸収性を有する埋込み層

としたことによって、光透過性の埋込み層による場合に比し、横モードにおける、高次モードのカットオフ条件を緩和でき、リッジ幅を大とすることができることから、レーザダイオードの直列抵抗の低減化をはかることができる。すなわち、リッジを構成する例えばAlGa<sub>N</sub>は、その抵抗率が比較的高いことから、このリッジ幅を広くできることは、動作電圧の低減化、発熱の改善、長寿命化を図ることができる。

【0031】また、Ga<sub>N</sub>系材料、すなわちレーザ本体すなわちレーザ駆動部と構成材料とを同系材料によって構成することから、両者の熱膨張係数に大きな差が生じることがない。したがって、外囲温度や、動作時の発熱による熱歪みを効果的に回避でき、動作の安定化、長寿命化を図ることができる。

【0032】また、埋込み層を、SiO<sub>2</sub>に比し熱伝導性にすぐれたGa<sub>N</sub>系材料によって構成したことから、長時間の駆動によっても温度上昇を効果的に回避できることから、動作の安定化、信頼性の向上、長時間の連続使用、長寿命化を図ることができる。

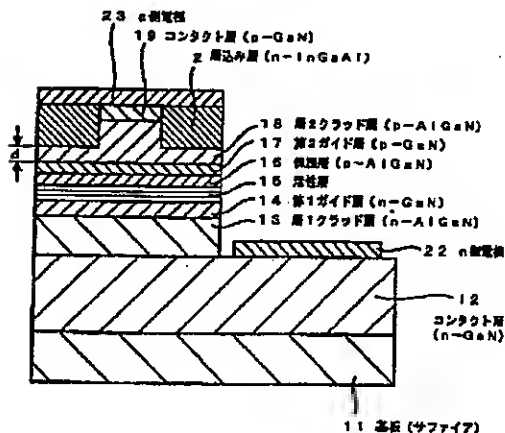
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による半導体レーザの一例の概略断面図である。

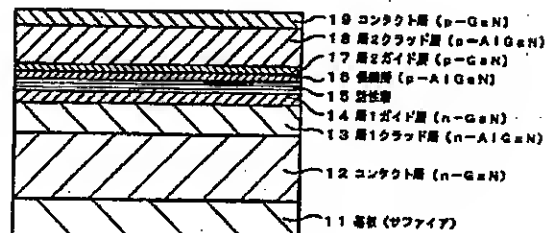
【図2】本発明による半導体レーザの一例の一工程における概略断面図である。

【図3】本発明による半導体レーザの一例の一工程における概略断面図である。

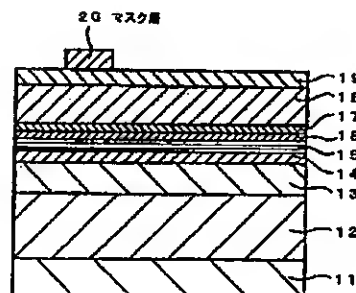
【図1】



【図2】



【図3】



ける概略断面図である。

【図4】本発明による半導体レーザの一例の一工程における概略断面図である。

【図5】本発明による半導体レーザの一例の一工程における概略断面図である。

【図6】本発明による半導体レーザの一例の一工程における概略断面図である。

【図7】クラッド層の厚さdと屈折率差Δnとの関係を示す図である。

10 【図8】リッジ幅Wと出射レーザ光の面方向の出射角との関係を示す図である。

【図9】半導体レーザにおける埋込み層のGa<sub>N</sub>の光吸収係数αと屈折率差Δnとの関係を示す図である。

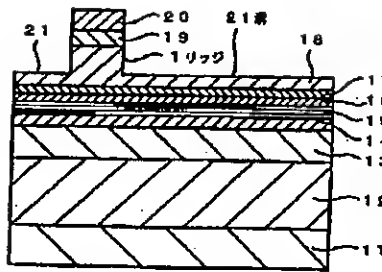
【図10】本発明による半導体レーザの他の例の概略断面図である。

【図11】従来の半導体レーザの光出力特性を示す図である。

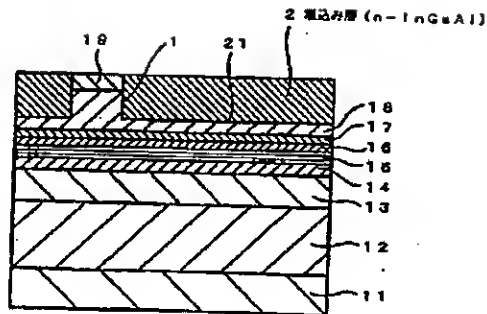
【符号の説明】

- 1・・・リッジ、2・・・埋込み層、11・・・基板、
- 20 12・・・コンタクト層、13・・・第1クラッド層、
- 14・・・第1ガイド層、15・・・活性層、16・・・保護層、17・・・第2クラッド層、18・・・第2ガイド層、19・・・コンタクト層、20・・・マスク層、21・・・溝、22・・・n側電極、23・・・p側電極

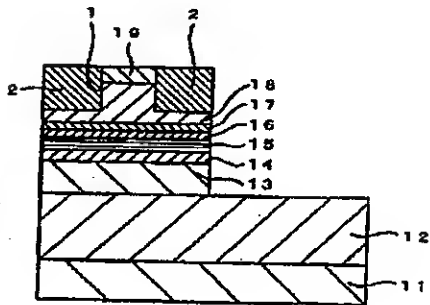
【図4】



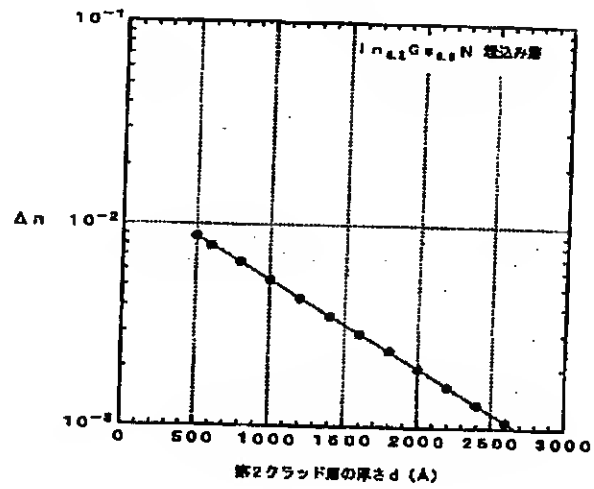
【図5】



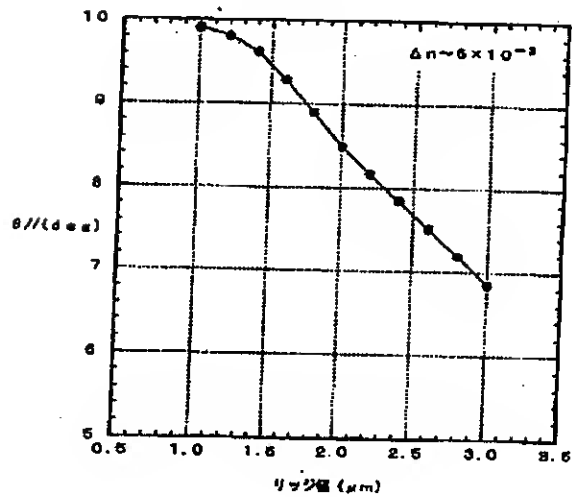
【図6】



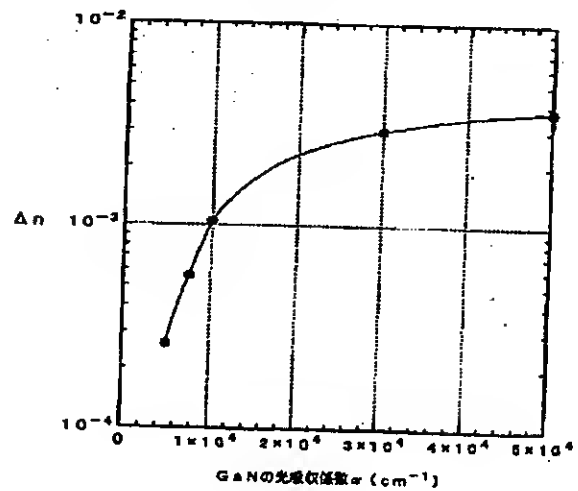
【図7】



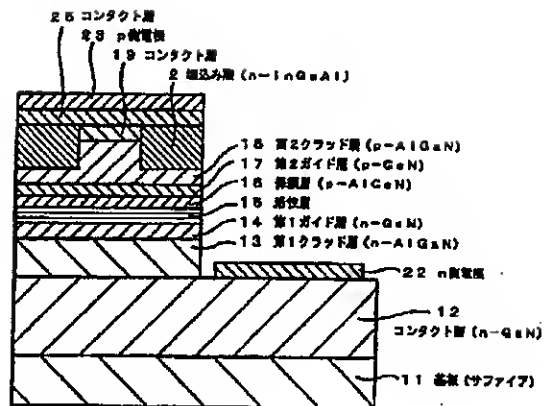
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

